

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ
з курсу

«ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

*(для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та
електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання")*

Харків
ХНАМГ
2012

Методичні вказівки до самостійного вивчення з курсу «Перехідні процеси в електроенергетиці» (для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М. Ф. Піскульов, С. В. Швець. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 19 с.

Укладачі: ст. викл. М. Ф. Піскульов,
к.т.н., доц. С. В. Швець

Рецензент: к.т.н., доц. А. В. Хітров

Рекомендовано кафедрою «Електропостачання міст»,
протокол засідання № 3 від 24 листопада 2011 р.

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| Вступ..... | 4 |
| 1. Загальні поняття про форми навчального процесу, що застосовані при вивченні дисципліни | 4 |
| 2. Мета та завдання вивчення дисципліни..... | 6 |
| 3. Інформаційний зміст дисципліни..... | 7 |
| 4. Теми для самостійного розгляду і вивчення..... | 9 |
| 5. Перелік запитань до екзамену..... | 10 |
| 6. Перелік запитань до диференційного заліку..... | 13 |
| 7. Перелік запитань до лабораторного практикуму..... | 15 |
| Список джерел..... | 18 |

ВСТУП

Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу "Перехідні процеси в електроенергетиці" призначені для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання".

У курсі вивчаються особливості протікання нестационарних електромагнітних та електромеханічних процесів в енергетичних системах. Вивчаються методи розрахунків перехідних режимів в електричних мережах. Розглянуто особливості симетричних і несиметричних коротких замикань в електричних мереж. Вивчаються критерії та методи розрахунку статичної та динамічної стійкості електричних систем.

У методичних вказівках вказані структура курсу, детальний перелік тем, надані методичні рекомендації щодо підготовки до видів занять, розподіл часу за темами, перелік питань до екзамену, система оцінювання знань.

Докладний список літератури, наведений у методичних вказівках, дозволить студентам поглиблювати і розширювати здобуті знання, плідно використовувати час, призначений для самостійної роботи.

Методичні вказівки ухвалено:

Кафедрою електропостачання міст. (протокол № 3 від 24 листопада 2011 р.).

Вченою радою факультету електропостачання та освітлення міст. (протокол № 6 від 17 лютого 2011 р.).

1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ФОРМИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ, ЩО ЗАСТОСОВАНІ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ

Самостійна робота є основним засобом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний час, відведений для самостійної роботи студента, регламентується навчальним планом (робочим навчальним планом) і повинен становити не менше 1/3 та не більше 2/3 загального обсягу навчального часу, відведеного для вивчення дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці".

Співвідношення обсягів аудиторних занять і самостійної роботи студентів визначається з урахуванням специфіки та змісту конкретної навчальної дисципліни, її місця, значення і дидактичної мети в реалізації освітньо-професійної програми, а також питомої ваги в навчальному процесі практичних і лабораторних занять.

Зміст самостійної роботи над навчальною дисципліною "Перехідні процеси в електроенергетиці" визначається робочою навчальною програмою дисципліни та методичними рекомендаціями викладача.

Самостійна робота студентів забезпечується всіма навчально-методичними засобами, необхідними для вивчення навчальної дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці" чи окремої теми: підручниками, навчальними та методичними посібниками, конспектами лекцій, навчально-лабораторним обладнанням, електронно-обчислювальною технікою тощо.

Студентам також рекомендується для самостійного опрацювання відповідна наукова література та періодичні видання.

Методичне забезпечення самостійної роботи студентів повинне передбачати й засоби самоконтролю.

Навчальна лекція — це логічно вивершений, науково обґрунтований і систематизований виклад певного наукового або науково-методичного питання, ілюстрований, при необхідності, засобами наочності та демонстрацією дослідів.

Лекція є одним з основних видів навчальних занять і, водночас, методів навчання у вищій школі. Вона покликана формувати у студентів основи знань з певної наукової галузі, а також визначати напрямок, основний зміст і характер усіх інших видів навчальних занять та самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці".

Лабораторні заняття - це вид навчального заняття, на якому студенти під керівництвом викладача проводять натурні або імітаційні експерименти чи досліді в спеціально обладнаних навчальних лабораторіях з використанням устаткування, пристосованого для умов навчального процесу.

Дидактичною метою лабораторного заняття є практичне підтвердження окремих теоретичних положень навчальної дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці", набуття практичних умінь та навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, методикою експериментальних досліджень у галузі електроенергетики. Перелік тем лабораторних занять визначається робочою навчальною програмою дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці".

Такими етапами є: проведення попереднього контролю підготовленості студентів до виконання конкретної лабораторної роботи; виконання конкретних завдань у відповідності з запропонованою тематикою; оформлення індивідуального звіту; оцінювання результатів роботи студентів викладачем.

У разі виконання лабораторних робіт, пов'язаних з можливою небезпекою для здоров'я і життя студентів, обов'язковим етапом його підготовки і проведення є інструктаж з правил безпеки і контроль за їх дотриманням.

Практичне заняття - це вид навчального заняття, на якому викладач організовує детальний розгляд студентами окремих теоретичних положень навчальної дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці" та формує вміння і навички їх практичного застосування шляхом індивідуального виконання студентами відповідно до сформульованих завдань.

Основна дидактична мета практичного заняття — розширення, поглиблення й деталізація наукових знань, отриманих студентами на лекціях та в процесі самостійної роботи і спрямованих на підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, прищеплення умінь і навичок, розвиток наукового мислення та усного мовлення студентів.

Тематика і плани проведення практичних занять із переліком рекомендованої літератури заздалегідь доводяться до відома студентів.

Перелік тем і зміст практичних занять визначаються робочою навчальною програмою дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці".

Для проведення практичного заняття викладачем готуються відповідні методичні матеріали: тести для виявлення ступеня оволодіння студентами необхідними теоретичними положеннями; набір практичних завдань різної складності для розв'язування їх студентами на занятті та необхідні дидактичні засоби.

Студенти згідно з тематичним планом проведення практичних занять самостійно опрацьовують лекційний матеріал та рекомендовані джерела з відповідної теми, готують, при потребі, необхідні дидактичні матеріали та виконують домашні завдання.

Курсова робота є одним із видів індивідуальних завдань навчально-дослідницького, творчого та проектно-конструкторського характеру, яка має на меті не лише поглиблення, узагальнення і закріплення знань студентів з навчальної дисципліни "Перехідні процеси в електроенергетиці", а й застосування їх при вирішенні конкретного фахового завдання і вироблення вміння самостійно працювати з навчальною і науковою літературою, електронно-обчислювальною технікою, лабораторним обладнанням, використовуючи сучасні інформаційні засоби та технології.

Індивідуальні завдання є однією з форм організації навчання у вищій школі, яка має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти одержують в процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці.

До індивідуальних завдань відносяться **розрахунково-графічні роботи**. Індивідуальні завдання виконуються студентами самостійно під керівництвом викладачів. Індивідуальні завдання виконуються окремо кожним студентом.

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення дисципліни є формування знань, умінь і практичних навичок з розрахунку параметрів електричних мереж у несталих режимах їх роботи і дослідження стійкості електричних систем при виникненні у них збурень, а також опанування заходів поліпшення стійкості електричних систем і підвищення якості протікання перехідних процесів у них.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати:

- умови працездатності системи електропостачання при малих та великих збуреннях;
- методи дослідження статичної та динамічної стійкості електричних систем.

вміти:

- розраховувати струми в системі електропостачання в перехідних режимах роботи;
- скласти математичні рівняння елементів системи електропостачання та рівняння зв'язку між ними в перехідних режимах роботи;
- оцінювати характер перехідного процесу з використанням частотних характеристик системи.

3. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1. Електромагнітні перехідні процеси в енергетичних системах

Змістовий модуль (ЗМ) 1.1. Особливості протікання та розрахунків перехідних процесів в електричних системах

Навчальні елементи:

Основні види й особливості перехідних процесів, характеристика їхнього протікання, причини їх виникнення й наслідки, вплив на роботу електричної системи в цілому й окремих її елементів.

Основні допущення, прийняті при дослідженнях і в практичних розрахунках перехідних процесів.

Особливості складання і перетворення схем заміщення електричних систем для розрахунку перехідних процесів у них. Системи відносних і іменованих одиниць.

ЗМ 1.2. Розрахунок симетричних коротких замикань в електричних системах

Навчальні елементи:

Сталий режим короткого замикання. Розрахунок сталого режиму трифазного КЗ при відсутності та наявності АРЗ.

Несталий режим КЗ. Перехідний процес у найпростіших трифазних ланцюгах. Трифазне КЗ у нерозгалуженому ланцюзі підключеної до джерела синусоїдальної напруги. Зміна в часі струму і його складових, постійних часу. Раптове трифазне КЗ у синхронному генераторі. Ударний струм КЗ.

Вплив АРЗ на перехідний процес при раптовому КЗ.

Практичні методи розрахунків струмів КЗ. Облік системи необмеженої потужності. Обчислення аперіодичної складової струму КЗ.

ЗМ 1.3. Розрахунок несиметричних коротких замикань в електричних системах.

Навчальні елементи:

Метод симетричних складових. Утворення вищих гармонік при порушенні симетрії трифазної системи. Основні рівняння при несиметричних КЗ. Складання схем заміщення всіх послідовностей.

Правило еквівалентності. Комплексні схеми заміщення електричних мереж. Застосування практичних методів для розрахунку несиметричних КЗ. Векторні діаграми параметрів режиму мережі при несиметричних КЗ. Розрахунки струмів КЗ у розподільних мережах, та у мережах до 1000 В.

ЗМ 1.4. Розрахунково-графічна робота "Розрахунок електромагнітних перехідних процесів в електричних системах"

Навчальні елементи:

Складання схем заміщення для розрахунку перехідного процесу в електричних мережах.

Розрахунок величини струмів симетричного і несиметричного короткого замикання в зазначеній точці електричної мережі.

Векторні діаграми в розрахункових точках електричної мережі при заданих видах коротких замикань. Епюри напруги в електричній мережі.

Модуль 2. Електромеханічні перехідні процеси в енергетичних системах

ЗМ 2.1. Критерії кількісної оцінки й методи дослідження статичної стійкості електричної системи

Навчальні елементи:

Основні причини та наслідки електромеханічних перехідних процесів в енергетичних системах. Основні характеристики режимів енергетичних систем і вимоги до них.

Векторні діаграми і співвідношення між параметрами в найпростішій електричній системі.

Статична стійкість найпростішої електричної системи. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи. Три види статичної нестійкості найпростішої нерегульованої системи. Практичні критерії статичної стійкості.

Статична стійкість складних електричних систем. Методика дослідження, спрощений аналіз стійкості енергетичних систем.

ЗМ 2.2. Критерії кількісної оцінки й методи дослідження динамічної стійкості електричної системи

Навчальні елементи:

Перехідні процеси в енергетичних системах при великих збурюваннях. Поняття про динамічну стійкість. Енергетичні співвідношення при хитаннях. Метод площ, критерії динамічної стійкості.

Метод послідовних інтервалів для найпростіших електричних систем. Поняття про результуючу динамічну стійкість.

ЗМ 2.3. Заходи щодо поліпшення стійкості й підвищення якості протікання перехідних процесів в електричних системах

Аналіз протікання процесів у часі при великих і малих збурюваннях. Причини випадання генераторів із синхронізму. Умови успішної і неуспішної ресинхронізації.

Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем. Економічні і технічні показники поліпшуючих заходів. Ймовірні закономірності перехідних процесів. Можливості сучасних засобів дослідження, області їхнього раціонального застосування. Фізичне і математичне моделювання перехідних процесів.

ЗМ 2.4. Курсова робота "Розрахунок стійкості електричної системи"

Навчальні елементи:

Курсова робота присвячена розрахунку електромеханічних перехідних процесів в електричних системах. Метою роботи є формування в студентів навичок практичного розрахунку параметрів режиму електричної системи при виникненні в ній перехідного процесу, а також уміння якісно і кількісно оцінити стійкість роботи електричної системи при виникненні в ній великих чи малих за величиною обурюючих впливів.

З цією метою в курсовій роботі студенти відповідно до індивідуального завдання повинні:

- для заданої електричної системи кількісно розрахувати параметри еквівалентної схеми заміщення;

- визначити межі переданої потужності передачі, оцінити вплив навантаження й АРЗ на цей параметр;
- проаналізувати динамічну стійкість електричної системи методом площ;
- проаналізувати динамічну стійкість електричної системи методом чисельного інтегрування з обліком дії релейного захисту і пристроїв протиаварійної автоматики.

4. ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗГЛЯДУ І ВИВЧЕННЯ

- Тема 1.** Основні види й особливості перехідних процесів, характеристика їхнього протікання, причини їх виникнення й наслідки, вплив на роботу електричної системи в цілому й окремих її елементів.
- Тема 2.** Основні допущення, прийняті при дослідженнях і в практичних розрахунках перехідних процесів.
- Тема 3.** Особливості складання і перетворення схем заміщення електричних систем для розрахунку перехідних процесів у них. Системи відносних і іменованих одиниць.
- Тема 4.** Сталій режим короткого замикання. Потоки і потокозчеплення сталого режиму КЗ у синхронному генераторі.
- Тема 5.** Розрахунок сталого режиму трифазного КЗ при відсутності АРЗ. Вплив і облік АРЗ. Поняття про критичний струм і критичну реактивність.
- Тема 6.** Несталий режим КЗ. Перехідний процес у найпростіших трифазних ланцюгах. Трифазне КЗ у нерозгалуженому ланцюзі підключеної до джерела синусоїдальної напруги. Зміна в часі струму і його складових, постійних часу.
- Тема 7.** Раптове трифазне КЗ у синхронному генераторі без демпферних обмоток і АРЗ.
- Тема 8.** Раптове КЗ у синхронному генераторі з демпферними обмотками і без АРЗ.
- Тема 9.** Ударний струм КЗ. Миттєве й ефективне його значення, ударний навантажувальний коефіцієнт і його чисельне значення.
- Тема 10.** Початковий момент раптового КЗ. Розрахунок струму в момент раптового порушення режиму. Перехідні і надперехідні ЕРС і реактивності синхронних генераторів. Векторні діаграми.
- Тема 11.** Вплив АРЗ на перехідний процес при раптовому КЗ.
- Тема 12.** Практичні методи розрахунків струмів уміня КЗ. Облік системи необмеженої потужності. Обчислення аперіодичної складової струму КЗ.
- Тема 13.** Метод симетричних складових. Утворення вищих гармонік при порушенні симетрії трифазної системи. Основні рівняння при несиметричних КЗ. Складання схем заміщення всіх послідовностей.
- Тема 14.** Правило еквівалентності. Комплексні схеми заміщення електричних мереж. Застосування ЕОМ при складанні схем заміщення.
- Тема 15.** Застосування практичних методів для розрахунку несиметричних КЗ.
- Тема 16.** Розрахунок несиметрії при подовжній несиметрії.

- Тема 17.** Розрахунки струмів КЗ у розподільних мережах.
- Тема 18.** Розрахунки струмів КЗ у мережах до 1000 В.
- Тема 19.** Електромеханічні перехідні процеси. Мета і задачі, предмет вивчення. Основні характеристики режимів електричних систем і вимоги до них.
- Тема 20.** Основні характеристики головних елементів найпростішої електричної системи. Характеристики режиму при синхронній швидкості обертання в найпростішій електричній системі.
- Тема 21.** Векторні діаграми і співвідношення між параметрами в найпростішій електричній системі. Регулюючий ефект навантаження. Дійсні характеристики потужності найпростішої електричної системи.
- Тема 22.** Статичні і динамічні характеристики складних електричних систем. Власні і взаємні опори і їхнє визначення.
- Тема 23.** Статична стійкість найпростішої електричної системи. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи. Форми запису рівнянь руху у відносній системі одиниць.
- Тема 24.** Три види статичної нестійкості найпростішої нерегульованої системи.
- Тема 25.** Практичні критерії статичної стійкості.
- Тема 26.** Перехідні процеси у вузлах навантаження. Характеристики вузлів навантаження. Стійкість навантаження.
- Тема 27.** Статична стійкість складних електричних систем. Методика дослідження. Спрощений аналіз стійкості електричних систем.
- Тема 28.** Перехідні процеси при великих збурюваннях і малих змінах швидкості. Поняття про динамічну стійкість. Енергетичні співвідношення при хитаннях.
- Тема 29.** Представлення процесів на фазовій площині. Метод площ, критерії динамічної стійкості. Наближені розрахунки відносного руху ротора.
- Тема 30.** Метод послідовних інтервалів для найпростіших електричних систем. Застосування ЕОМ при розрахунках динамічної стійкості.
- Тема 31.** Поняття про результуючу динамічній стійкості. Аналіз протікання процесів у часі при великих і малих збурюваннях.
- Тема 32.** Причини випадання генераторів із синхронізму. Умови успішної і неуспішної ресинхронізації.
- Тема 33.** Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем. Економічні і технічні показники поліпшуваних заходів. Ймовірні закономірності перехідних процесів. Можливості сучасних засобів дослідження, області їхнього раціонального застосування. Фізичне і математичне моделювання перехідних процесів.

5. ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Основні види коротких замикань в електричних мережах, ймовірність їх виникнення.
2. Поняття ВКЗ. Знайти опір генератора, якщо $ВКЗ=0,7$. Як називається цей внутрішній опір генератора, в яких одиницях він буде виражений?
3. Припущення при розрахунках електромагнітних перехідних процесів.

4. Визначити аналітичним методом величину струму трифазного короткого замикання в точці К-1 приведеної схеми електричної мережі. Розрахунок вести в іменованій системі одиниць з використанням точних формул приведення. Скільки ступеней напруги діє в приведеній схемі?
5. Що таке замикання і коротке замикання в електричній мережі?
6. Чим відрізняється явнополіусна електрична машина від неявнополіусної?
7. Як зробити розрахунок трифазного КЗ у відносній системі одиниць з використанням точних формул приведення?
8. Що розуміється під подовжньою і поперечною несиметрією?
9. Які основні параметри трансформатора? Як силові трансформатори вводяться в схему заміщення для розрахунку перехідного процесу?
10. Облік системи необмеженої потужності при розрахунку електромагнітних перехідних процесів в електричних мережах.
11. Що розуміється під складними видами ушкоджень?
12. Які основні параметри ліній електропередачі? Як лінії електропередачі вводяться в схему заміщення для розрахунку перехідного процесу?
13. Векторна діаграма струмів і напруг при однофазному короткому замиканні в електричній мережі
14. Вплив і облік навантаження при розрахунку сталого режиму короткого замикання в електричній мережі.
15. Точні формули приведення при розрахунку в іменованій системі одиниць.
16. Застосування метода розрахункових кривих для визначення струму трифазного короткого замикання в електричній мережі.
17. Наближені формули приведення у відносній системі одиниць.
18. Основні причини виникнення коротких замикань.
19. Облік навантаження в сталому режимі короткого замикання.
20. Точні формули приведення у відносній системі одиниць.
21. У чому виявляються основні наслідки коротких замикань.
22. Що називається критичним опором? Від чого він залежить?
23. Наближені формули приведення в іменованій системі одиниць.
24. Як враховується навантаження в сталому режимі короткого замикання.
25. Наслідки коротких замикань в електричних мережах.
26. У чому полягають розходження у вимогах до практичних методів розрахунку електромагнітних перехідних процесів?
27. Складання схеми заміщення електричної мережі для розрахунку перехідних процесів.
28. Векторна діаграма синхронного генератора в сталому режимі короткого замикання.
29. Напишіть формули для $S_{*б}$, $I_{*б}$, $z_{*б}$, $x_{*б}$, $E_{*б}$, $U_{*б}$. Які величини прийнято приймати в якості базисних при розрахунку у відносній системі одиниць?
30. Перерахуйте основні припущення, прийняті при практичних розрахунках електромагнітних перехідних процесів.
31. В чому проявляється дія АРВ при сталому режимі короткого замикання?

32. Які переваги та недоліки системи відносних одиниць у порівнянні з іменованою системою одиниць?
33. Основні параметри трансформаторів? Як обчислюється омічний опір трансформаторів?
34. Чим відрізняється наближена формула приведення у відносній системі одиниць при базисних умовах для реактора у порівнянні з генератором?
35. Проаналізуйте, якими міркуваннями слід керуватися при виборі базисних умов?
36. Написати формули приведення в іменованій системі одиниць.
37. Що таке середній коефіцієнт трансформації?
38. Відносні реактивності двох генераторів однакові. Визначити в якому співвідношенні знаходяться їх реактивності, виражені в іменованій системі одиниць, якщо їх номінальні напруги однакові, а номінальні потужності відповідно рівні S_H і $n \cdot S_H$.
39. Обґрунтуйте, чому точку КЗ не рекомендується об'єднувати з навантажувальними гілками? Які існують рекомендації по перетворенню складних схем?
40. Чим обумовлено розходження синхронних реактивностей у подовжній і поперечній осях синхронної машини з явнополюсним ротором?
41. Проаналізуйте, як впливає явнополюсність ротора на визначення струму сталого режиму?
42. Що собою представляють коефіцієнти участі? Приведіть формулу для їхнього обчислення.
43. У якому порядку вибираються коефіцієнти трансформації при виконанні операцій приведення до основної ступіні?
44. Що таке ОКЗ і область його застосування?
45. Наведіть схему заміщення синхронного генератора для сталого режиму?
46. Порядок розрахунку сталого режиму КЗ для генераторів без АРВ.
47. Привести векторну діаграму синхронного генератора в сталому режимі.
48. Проаналізувати які середні значення ОКЗ для турбо- і гідрогенераторів?
49. Основні допущення, які застосовуються при розрахунку електромагнітних
50. Обґрунтуйте чому $x_d > x_q$ для явнополюсних машин?
51. Що розуміється під коротким замиканням?
52. Приведіть схеми заміщення для синхронних генераторів у сталому режимі.
53. На чому ґрунтується складання наближених схем заміщення?
54. Як обчислюється струм в точці КЗ за допомогою коефіцієнтів участі?
55. Який порядок розрахунку сталого режиму з АРВ?
56. Які Вам відомі режими роботи синхронних генераторів у сталому режимі?
57. Привести наближені формули приведення у відносній системі одиниць.
58. Причини коротких замикань.
59. Наслідки коротких замикань.
60. Написати точні формули приведення в іменованій системі одиниць.
61. Проаналізуйте вплив навантаження у сталому режимі короткого замикання на величину струму КЗ, як в даному випадку навантаження враховується в розрахунках?
62. Приведіть шкалу середньономінальних напруг.

63. Написати точні формули приведення в іменованій системі одиниць.
64. Що розуміється під сталим режимом короткого замикання?
65. У чому полягають погрішності наближеного приведення?
66. Обґрунтуйте, чому замикання однієї з фаз на землю в системах з ізольованою нейтраллю не є коротким замиканням?
67. Написати основні рівняння синхронної машини в сталому режимі; привести векторну діаграму синхронного генератора при коротких замиканнях на затискачах машини.
68. Які основні параметри трьохобмоточного трансформатора, його схема заміщення.
69. Зробити перетворення "зірки" у "трикутник" і "трикутника" у "зірку", а також знайти струмозподіл в цих схемах.
70. Чим відрізняються точні формули приведення від наближених у відносних одиницях.
71. Основні параметри і схеми заміщення С.Г. при розрахунку сталого режиму.
72. В чому полягає погрішність наближених формул приведення в ІСЕ та ОСЕ у порівнянні з точними?
73. Написати формули перетворення "трикутника" у "зірку" для опорів і струмозподілів.
74. Якими розуміннями варто користатися при виборі базисних умов?
75. Виразити потужність, струми, опори та напруги в ОСЕ при базисних умовах.
76. Причини коротких замикань.
77. В чому заключається допущення, які застосовуються при практичних розрахунках електромагнітних перехідних процесах.
78. Що таке дійсний коефіцієнт трансформації та що таке середній?
79. Чому при виборі базисних умов ми розташовуємо двома ступенями волі?
80. Охарактеризувати режими генераторів з АРВ в сталому режимі.
81. Що мається на увазі під подовжньою і поперечною несиметрією?
82. Фізична сутність опору в ОСЕ?
83. Написати шкалу середньономінальних напруг.
84. Які наслідки короткого замикання?
85. Побудувати векторну діаграму сталого режиму для синхронної машини.
86. Які параметри навантаження в сталому режимі?
87. Написати точні формули приведення у відносній і іменованій одиницях.
88. Якими базисними умовами варто задаватися при розрахунках?
89. Облік навантаження при розрахунку коротких замикань в електричній мережі
90. Що розуміють під сталим режимом короткого замикання? Як визначається величина струму сталого короткого замикання?
91. Побудувати векторну діаграму струмів і напруг при двофазному замиканні на землю в електричній мережі.

6. ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ ДО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ЗАЛІКУ

1. Основні характеристики режимів електричних систем і вимоги до них.
2. Вимоги здійснення режиму.

3. Вимоги до перехідних процесів в електричних мережах.
4. Припущення при розрахунках електромеханічних перехідних процесів.
5. Складання схеми заміщення системи електропостачання для розрахунку електромеханічних перехідних процесів.
6. Основні характеристики головних елементів найпростішої електричної системи.
7. Характеристики режиму при синхронній швидкості обертання в найпростішій електричній системі.
8. Векторні діаграми і співвідношення між параметрами в найпростішій електричній системі.
9. Регулюючий ефект навантаження.
10. Дійсні характеристики потужності найпростішої електричної системи.
11. Статичні характеристики складних електричних систем.
12. Динамічні характеристики складних електричних систем.
13. Власні і взаємні опори і їхнє визначення.
14. Поняття статичної стійкості.
15. Статична стійкість найпростішої електричної системи.
16. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи. Форми запису рівнянь руху у відносній системі одиниць. Запас статичної стійкості.
17. Три види статичної нестійкості найпростішої нерегульованої системи.
18. Самозбудження.
19. Саморозхитування.
20. Випадання генератора з синхронізму.
21. Практичні критерії статичної стійкості.
22. Перехідні процеси у вузлах навантаження.
23. Характеристики вузлів навантаження.
24. Стійкість навантаження.
25. Практичні критерії стійкості комплексного навантаження.
26. Процес перекидання двигунів.
27. Статична стійкість складних електричних систем.
28. Методика дослідження статичної стійкості складних електричних систем.
29. Спрощений аналіз стійкості електричних систем.
30. Перехідні процеси при великих збурюваннях і малих змінах швидкості.
31. Поняття про динамічну стійкість.
32. Енергетичні співвідношення при хитаннях.
33. Представлення процесів на фазовій площині.
34. Критерії динамічної стійкості.
35. Метод площ для розрахунку динамічної стійкості.
36. Наближені розрахунки відносного руху ротора.
37. Метод послідовних інтервалів для найпростіших електричних систем.
38. Поняття про результуючу динамічній стійкості.
39. Застосування ЕОМ при розрахунках динамічної стійкості.
40. Аналіз протікання процесів у часі при малих збурюваннях.
41. Аналіз протікання процесів у часі при великих збурюваннях.
42. Причини випадання генераторів із синхронізму.

43. Умови успішної і неуспішної ресинхронізації.
44. Заходи по збереженню стійкості.
45. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів електричних систем.
46. Економічні і технічні показники поліпшуваних заходів стійкості.
47. Фізичне і математичне моделювання перехідних процесів.

7. ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ ДО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Перелік запитань до лабораторних робіт № 1,2.

1. Як змінюється повний струм і його складові при трифазному КЗ в ланцюгах з джерелом безкінечної потужності?
2. Причина виникнення аперіодичної складової струму КЗ.
3. В яких межах змінюється постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ?
4. За яких умов аперіодична складова струму КЗ буде максимальною?
5. Причина затухання аперіодичної складової струму КЗ.
6. Від чого залежить інтенсивність затухання аперіодичної складової струму КЗ?
7. Що відбувається з аперіодичною складовою струму КЗ за час $t = Ta$?
8. Яка тривалість загасання аперіодичної складової струму КЗ і від чого вона залежить?
9. В яких ланцюгах постійна часу загасання аперіодичної складової струму КЗ буде максимальною, а в яких мінімальною?
10. В яких ланцюгах аперіодична складова може не загасати і чому?
11. В який момент часу після початку КЗ виникає найбільший струм?
12. Який струм КЗ називається ударним і при яких умовах він буде максимальним?
13. Від яких параметрів залежить ударний коефіцієнт?
14. В яких межах змінюється ударний коефіцієнт?
15. В яких ланцюгах ударний коефіцієнт буде максимальним, в яких мінімальним?
16. Який вид КЗ називається симетричним і чому?
17. Коли настає сталий режим при КЗ у ланцюгах із джерелом нескінченної потужності?

Перелік запитань до лабораторної роботи № 3.

1. Як змінюється повний струм і його складові при трифазному КЗ на затисках генератора с АРВ?
2. Коли настає сталий режим при КЗ в ланцюгах з генератором обмеженої потужності без АРВ?
3. Чому сталий струм КЗ у генератора з АРВ більше ніж у генератора без АРВ?
4. Чому в початковий момент КЗ не позначається дія регулятора збудження?
5. Що таке критичний опір при розрахунку сталого струму КЗ?

6. Що таке критичний струм генератора?
7. Режими роботи генераторів при сталому струмові КЗ.
8. Режими роботи генераторів при розрахунку за методом спрямлених характеристик.
9. Який струм більше $I_{кр}$ чи $I_{крт}$ і чому?
10. Який опір більше $X_{кр}$ чи $X_{крт}$ і чому?
11. Як змінюються діючі значення напруги на шинах генератора і струму в обмотці збудження при КЗ за опором більше критичного?
12. Як змінюються діючі значення напруги на шинах генератора і струму в обмотці збудження при КЗ за опором менше критичного?

Перелік запитань до лабораторної роботи № 4.

1. Види несиметричних коротких замикань.
2. Сутність метода симетричних складових.
3. Що представляє собою пряма система трьох векторів?
4. Що представляє собою зворотна система трьох векторів?
5. Що представляє собою нульова система трьох векторів?
6. Як розкласти несиметричну систему трьох векторів на симетричні складові?
7. Чому дорівнює оператор повороту?
8. Що відбудеться з вектором, якщо його помножити на оператор повороту?
9. Сформулювати правило еквівалентності прямої послідовності.
10. Що називається особливою фазою?
11. Виразити через струм прямої послідовності особливої фази струми і напруги інших послідовностей.
12. Чому дорівнює опір шунта при різних видах коротких замикань?
13. Як виразити модулі струмів пошкоджених фаз при різних видах коротких замикань через струм прямої послідовності особливої фази?
14. Чому дорівнює коефіцієнт $m^{(n)}$ при різних видах коротких замикань?
15. Що таке поперечна несиметрія?

Перелік запитань до лабораторної роботи № 5.

1. Знаючи вектори прямої, зворотної і нульової послідовностей особливої фази струму побудувати вектори фазних струмів.
2. Як за симетричними складовими напруги знайти фазні напруги?
3. Векторні діаграми струмів і напруг при різних видах коротких замикань.
4. В яких межах змінюється кут між напругами непошкоджених фаз при однофазному КЗ?
5. Чому дорівнює кут між напругами непошкоджених фаз при однофазному КЗ, якщо результуючі опори зворотної і нульової послідовностей рівні?
6. В яких межах змінюється кут між струмами пошкоджених фаз при двофазному КЗ на землю?
7. При яких умовах кут між струмами пошкоджених фаз при двофазному КЗ на землю буде максимальним, при яких – мінімальним?
8. В яких межах можуть знаходитися значення струмів при несиметричних КЗ у порівнянні зі значеннями струмів трифазного КЗ?

9. Як впливає на струм несиметричного КЗ величина результуючого опору нульової послідовності?
10. При якому вигляді КЗ струм короткого замикання буде максимальним?
11. За яких умов струм однофазного КЗ більше струму трифазного КЗ в три рази?
12. Як можна зменшити струм при однофазному КЗ?

Перелік запитань до лабораторної роботи № 6.

1. Що таке розрахункова схема?
2. Основні елементи розрахункової схеми.
3. Параметри елементів розрахункової схеми.
4. Що таке схема заміщення?
5. Чим схема заміщення принципово відрізняється від розрахункової схеми?
6. Яким чином здійснюється перехід від розрахункової схеми до схеми заміщення?
7. Чим відрізняється наближене приведення від точного?
8. Що таке відносна величина?
9. Що таке базисні величини і як їх вибирають?
10. Як перейти від іменованих величин до відносних величин при базисних умовах?
11. Як перейти від відносних величин при номінальних умовах до відносних величин при базисних умовах?
12. Як перейти від відносних величин до іменованих величин ?
13. Методи розрахунку струмів КЗ.
14. Яким методом можна розрахувати струм у точці КЗ для довільного моменту часу в заданій гілці?
15. Якими параметрами задаються в схемі заміщення генератори при розрахунку струму в початковий момент КЗ?
16. Якими параметрами задаються в схемі заміщення генератори при розрахунку сталого струму КЗ?
17. Якими параметрами задаються в схемі заміщення генератори при розрахунку струму КЗ за методом спрямлених характеристик?
18. Як впливає навантаження на величину початкового та сталого струмів КЗ?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Черемісін М. М. Перехідні процеси в системах електропостачання. – Х.: Факт, 2005. – 176 с.
2. Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен. Перехідні процеси в системах електропостачання. Національна гірнича академія України, 2003. – 597 с.
3. С. А. Ульянов. Электромагнитные переходные процессы. – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
4. С. А. Ульянов. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам. – М.: Энергия, 1968. – 356 с.
5. В. А. Веников. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высш. школа, 1985. – 516 с.
6. В. Н. Винославский. Переходные процессы в системах электроснабжения. – М.: Высш. школа, 1989. – 422 с.
7. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Перехідні процеси в енергетичних системах" (для студентів 3, 4 курсів денної та 4 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" та 6.050701 "Електротехніка та електротехнології"). Укл.: Т. В. Блощенко, О. М. Довгалюк, Д. М. Калюжний, І. Г. Натарова, М. Ф. Піскурьов, Г. М. Сердюкова. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 51 с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Перехідні процеси в енергетичних системах" (для студентів 3, 4 курсів денної та 4 курсу заочної форм навчання спеціальностей 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" та 6.050701 "Електротехніка та електротехнології"). Укл.: О. М. Довгалюк, Д. М. Калюжний, Г. М. Сердюкова, М. Ф. Піскурьов, Т. В. Блощенко. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 52 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ
з курсу

«ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

*(для студентів 3, 4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та
електротехнології", а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання")*

Укладачі: **ПІСКУРЬОВ** Михайло Федорович,
ШВЕЦЬ Сергій Вікторович

Відповідний за випуск *В. А. Маляренко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2011, поз. 251М

Підп. до друку 15.02.2012

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,1

Тираж 50 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.